

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2004年4月15日 (15.04.2004)

PCT

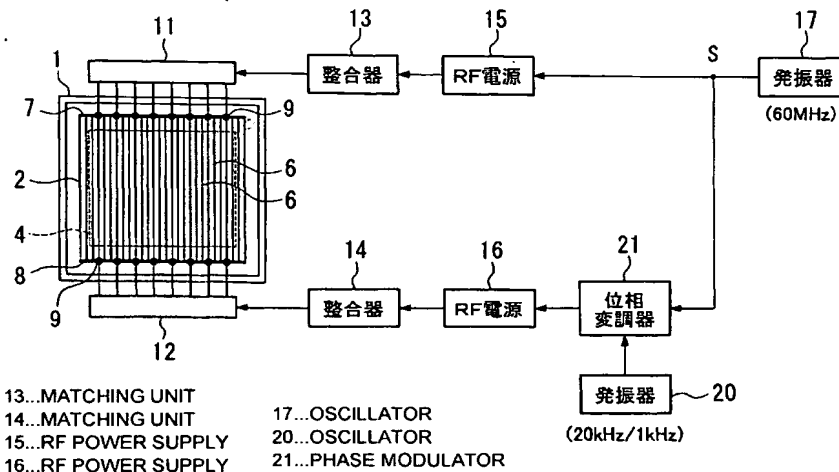
(10) 国際公開番号
WO 2004/032213 A1

- (51) 国際特許分類⁷: H01L 21/205 [JP/JP]; 〒108-8215 東京都港区港南二丁目16番5号 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2003/012562
- (22) 国際出願日: 2003年10月1日 (01.10.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2002-288996 2002年10月1日 (01.10.2002) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱重工業株式会社 (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES)
- (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 川村 啓介 (KAWAMURA, Keisuke) [JP/JP]; 〒851-0392 長崎県長崎市深堀町五丁目717番1号 三菱重工業株式会社 長崎研究所内 Nagasaki (JP). 山田 明 (YAMADA, Akira) [JP/JP]; 〒851-0392 長崎県長崎市深堀町五丁目717番1号 三菱重工業株式会社 長崎研究所内 Nagasaki (JP). 真島 浩 (MASHIMA, Hiroshi) [JP/JP]; 〒851-0392 長崎県長崎市深堀町五丁目717番1号 三菱重工業株式会社 長崎研究所内 Nagasaki (JP). 竹内 良昭 (TAKEUCHI, Yoshiaki) [JP/JP]; 〒850-8610 長崎県長崎市飽の浦町1番1号 三菱重工業株式会社 長崎造船所内 Nagasaki (JP).

[続葉有]

(54) Title: HIGH FREQUENCY PLASMA GENERATOR AND HIGH FREQUENCY PLASMA GENERATING METHOD

(54) 発明の名称: 高周波プラズマ発生装置および高周波プラズマ発生方法



(57) Abstract: A high frequency plasma generator and a high frequency plasma generating method in which the film thickness can be made more uniform in a large area substrate than with prior art. An earth electrode (3) is placed in a reaction container (1) and a discharge electrode (2) is placed oppositely to the earth electrode (3). An article being processed, i.e. a substrate (4), is placed in tight contact with the earth electrode (3). Plasma is then generated between the earth electrode and the discharge electrode by applying a high frequency voltage to the discharge electrode (2). An RF power supply (15) generates a first high frequency voltage for delivering to a power supply point (9) provided at one side part of the discharge electrode (2). An RF power supply (16) generates a second high frequency voltage for delivering to a power supply point (9) provided at the other side part of the discharge electrode (2). The second high frequency voltage has the same frequency as that of the first high frequency voltage and a phase dependent on a low frequency signal modulated with a specified modulation signal.

(57) 要約: 従来の装置よりさらに大面積基板における膜厚の均一化を図ることができる高周波プラズマ発生装置および高周波プラズマ発生方法を提供することを目的とする。反応容器(1)内にアース電極(3)を配置すると共に、アース電極(3)に対向して放電電極(2)を配置する。アース電極(3)に密接して被処理体としての基板(4)を配置する。放電電極(2)に

[続葉有]



(74) 代理人: 藤田 考晴, 外(FUJITA, Takaharu et al.); 〒
220-0012 神奈川県 横浜市 西区みなとみらい 3-3-1
三菱重工横浜ビル 2 4 F Kanagawa (JP).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

(81) 指定国 (国内): US.

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される
各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語
のガイダンスノート」を参照。

(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (CH, DE, GB).

高周波電圧を加えてアース電極および放電電極の間にプラズマを発生させる。RF 電源 (15) は第 1 の高周波電圧を発生し、発生した電圧を放電電極 (2) の一方の側部に設けられた給電点 (9) へ出力する。RF 電源 (16) は第 2 の高周波電圧を発生し、発生した電圧を放電電極 (2) の他方の側部に設けられた給電点 (9) へ出力する。ここで、第 2 の高周波電圧は、第 1 の高周波電圧と周波数が等しく、位相が低周波信号に従って変化する電圧であり、かつ、該低周波信号が所定の変調信号によって変調されている。

明 細 書

高周波プラズマ発生装置および高周波プラズマ発生方法

技術分野

5 この発明は、太陽電池や薄膜トランジスタなどに用いられるアモルファスシリコン、微結晶シリコン、多結晶薄膜シリコン、窒化シリコンなどの半導体の製膜や、半導体膜のエッチングに用いられる高周波プラズマ発生装置および高周波プラズマ発生方法に関する。

10 背景技術

図5は、従来の高周波プラズマ発生装置の一例を示す図であり、図6は同装置の反応容器1の断面図である。これらの図に示す高周波プラズマ発生装置は太陽電池用のアモルファスシリコン半導体薄膜を製造するために用いられるものである。

15 図5に示す反応容器1内に放電電極としてのラダー電極2およびアース電極3を備えている。反応容器1は気密につくられ、ガス供給管および排気管（共に図示略）が適所にそれぞれ開口している。ガス供給管はガス供給源に連通し、これを通して製膜用ガスが反応容器1内に導入されるようになっている。排気管は真空ポンプの吸引側に連通している。この真空ポンプにより反応容器1の内圧は1
20 $\times 10^{-6}$ Torr程度まで真空排気することができるようになっている。

アース電極3とラダー電極2とは所定の間隔（例えば20mmの間隔）をもって対面配置されている。アース電極3は、被処理体としてのガラス基板4を保持するための機構を備え、ガラス基板4を加熱するためのヒータを内蔵している。ラダー電極2は、ガラス基板4より大きくする必要があり、ガラス基板4が1.
25 $1\text{ m} \times 1.4\text{ m}$ 角サイズである場合は $1.25\text{ m} \times 1.55\text{ m}$ 角サイズとする。

なお、ガス供給管のガス吹き出し口は、ラダー電極2よりも後方（ガラス基板4と反対側）にて開口していることが望ましく、複数の箇所からガスが並行に供給されることが好ましい。

ラダー電極 2 は、図 5 に示すように、平行な複数本の縦方向電極棒 6，
6・・・と一対の横方向電極棒 7，8 とを格子状に組み立ててなるものであり、
アース電極 3 により保持されるガラス基板 4 と平行に対面配置されている。ラダ
ー電極 2 の横方向電極棒 7，8 にはそれぞれ 8 つの給電点 9，9・・・が設けら
れており、横方向電極棒 7 の各給電点 9 はそれぞれ電力分配器 11 に接続され、
横方向電極棒 8 の各給電点 9 はそれぞれ電力分配器 12 に接続されている。電力
分配器 11、12 はそれぞれ同軸ケーブルを介してインピーダンスマッチング用
の整合器 13、14 に接続され、整合器 13，14 がそれぞれ RF（高周波）電
源 15、16 に接続されている。そして、RF 電源 15 が発振器 17 の出力に接
続されている。また、RF 電源 16 は位相変調器 21 を介して発振器 17 の出力
に接続されている。位相変調器 21 は、発振器 17 の出力信号 S の位相を正弦波
（または三角波）発振器 18 の出力に従って変調し、RF 電源 16 へ出力する回
路である。ここで、発振器 18 の出力振幅は固定であり、したがって、位相変調
器 21 における位相変調幅 $\Delta\theta$ は固定である。

このような構成において、例えば、200℃に設定したアース電極 3 上に a-Si 薄膜を製膜するガラス基板 4 を設置し、ガス供給管から SiH₄ ガスを例えば流速 2 SLM で導入し、真空排気管に接続した真空ポンプ系の排気速度を調整することで反応容器 1 内の圧力を例えば 40 Pa（300 mTorr）に調節する。そして、発振器 17 において発生した 60 MHz の高周波信号を RF 電源 15、16 において増幅し、整合器 13、14 および電力分配器 11、12 を介してラダー電極 2 の横方向電極棒 7，8 に印加する。これにより、ガラス基板 4 とラダー電極 2 の間にプラズマが発生する。ここで、高周波電力が効率良くプラズマ発生部に供給されるように整合器 13，14 を調整する。プラズマ中では SiH₄ が分解し、ガラス基板 4 の表面に a-Si 膜が製膜される。例えば、5～10 分間程度この状態で製膜を行うことにより必要な厚さの a-Si 膜が製膜される。

ところで、上述した従来の高周波プラズマ発生装置には、均一大面積製膜が難しいという欠点がある。これは、高周波の波長が電極 2，3 のサイズと同程度のオーダーであることから、電極端などで生じる反射波を主因とする定在波の発生

するためである。例えば、60MHzのラダー電極上の波長は約3mとなる。なお、真空中の60MHzの波長は5mであるが、プラズマありの場合、静電容量増加により波長が短くなる。この波長が3mであるということは、電極の長さ

1. 25mに対し1/4波長が約0.75mとなり、電極上に電圧最大点と最小点が生じることになる。これにより、電極上の電圧分布に伴ってプラズマが不均一となり、結果として、製膜が不均一になる問題が発生する。

このような問題を解決する装置として、特願2001-133830号公報の装置があり、また、特開2001-274099号公報に記載される装置がある。

- 10 特願2001-133830号公報の装置は、1周波プラズマと、2周波プラズマの高速切替法であるため、不連続的にプラズマが切り替わり、給電点付近に強いプラズマが形成される。そのため、膜厚分布均一化に限界があり、また、膜質の面からも強いプラズマが存在すると、ナノクラスター発生による膜質低下の恐れがある。

- 15 一方、特開2001-274099号公報に記載される装置は、図5に示す構成において、横方向電極7と8に加える高周波の位相を周期的に変化させるという装置である。すなわち、RF電源16の出力の位相をRF電源15の出力の位相に対し、周期的に変化させるものである（同公報の図4、段落0091～0096参照）。

20

発明の開示

この特開2001-274099号公報に記載された装置は、図5に示す装置における膜厚の不均一を改善するものであるが、未だ縦方向（電極6の方向）に次のような不均一状態が残る。すなわち、RF電源15の出力に対するRF電源

- 25 16の出力の位相差 $\Delta\theta$ を $-90^\circ \sim +90^\circ$ の範囲で周期的（10KHz）に変化させると、図7(i)に示すように、ガラス基板4の中央部に膜厚が大部分ができ、位相差 $\Delta\theta$ を $-135^\circ \sim +135^\circ$ の範囲で周期的に変化させると、図7(ii)に示すように、(i)よりやや外側に膜厚が大部分ができ、位相差 $\Delta\theta$ を $-180^\circ \sim +180^\circ$ の範囲で周期的に変化させると、図7(i

ii) に示すように、ガラス基板 4 の外縁部に膜厚が大の部分ができる。実際の製膜膜厚分布は図 8 のようになり、その状況が確認できる。図 7 (i) は図 8

(e) , 図 7 (ii) は図 8 (f) , 図 7 (iii) は図 8 (g) に対応している。このように位相変調角度を固定した状態では膜厚分布の均一化が困難であった。ま

5 た、位相変調を行わないで位相を $+45^\circ$ ずらして固定した製膜膜厚分布は図 8 (b) に示すように基板上部まで膜厚が厚い部分があり、同じ位相巾 45° の位相変調有りの図 8 (d) と膜厚分布の対応関係が一致せず、位相変調の場合は電圧が高い部分と膜厚が厚い部分が必ずしも一致するとは限らないことが明確になった。

10 この発明は、このような事情を考慮してなされたもので、その目的は、上述した従来の装置よりさらに大面積基板における膜厚の均一化を図ることができる高周波プラズマ発生装置および高周波プラズマ発生方法を提供することにある。

この発明は上記の課題を解決するためになされたもので、本発明の高周波プラズマ発生装置は、反応容器内にアース電極を配置すると共に、該アース電極に対向して放電電極を配置し、前記アース電極に密接して被処理体としての基板を配置し、前記放電電極に高周波電圧を加えて前記アース電極および前記放電電極の間にプラズマを発生させる高周波プラズマ発生装置において、第 1 の高周波電圧を発生する第 1 の高周波発生手段と、前記第 1 の高周波電圧を前記放電電極の一方の側部に設けられた給電点へ加える第 1 の給電手段と、第 2 の高周波電圧を発生する第 2 の高周波発生手段と、前記第 2 の高周波電圧を前記放電電極の他方の側部に設けられた給電点へ加える第 2 の給電手段とを具備し、前記第 2 の高周波電圧は、前記第 1 の高周波電圧と周波数が等しく、位相が低周波信号に従って変化する電圧であり、かつ、該低周波信号が所定の変調信号によって変調されていることを特徴とする。

25 また、本発明の高周波プラズマ発生装置は、反応容器内にアース電極を配置すると共に、該アース電極に対向して放電電極を配置し、前記アース電極に密接して被処理体としての基板を配置し、前記放電電極に高周波電圧を加えて前記アース電極および前記放電電極の間にプラズマを発生させる高周波プラズマ発生装置において、高周波信号を発生する高周波発振器と、前記高周波発振器の出力を増

幅して第1の高周波電圧として出力する第1の高周波発生手段と、前記第1の高周波電圧を前記放電電極の一方の側部に設けられた給電点へ加える第1の給電手段と、所定の変調信号によって変調された低周波信号を発生する低周波発振器と、前記高周波発振器の出力の位相を前記低周波発振器の出力にしたがって変調する位相変調器と、前記位相変調器の出力を増幅して第2の高周波電圧として出力する第2の高周波発生手段と、前記第2の高周波電圧を前記放電電極の他方の側部に設けられた給電点へ加える第2の給電手段とを具備することを特徴とする。

また、発明の高周波プラズマ発生装置は、前記各高周波プラズマ発生装置において、前記放電電極は2本の横方向電極棒の間に複数の縦方向電極棒を配置して構成したラダー型電極であり、前記給電点は前記横方向電極に設けられていることを特徴とする。

また、本発明の高周波プラズマ発生方法は、反応容器内にアース電極を配置すると共に、該アース電極に対向して放電電極を配置し、前記アース電極に密接して被処理体としての基板を配置し、前記放電電極に高周波電圧を加えて前記アース電極および前記放電電極の間にプラズマを発生させる高周波プラズマ発生方法において、第1の高周波電圧を前記放電電極の一方の側部に設けられた給電点へ加えると共に、前記第1の高周波電圧と周波数が等しく、位相が低周波信号に従って変化する第2の高周波電圧であって、かつ、該低周波信号が所定の変調信号によって変調されている第2の高周波電圧を前記放電電極の他方の側部に設けられた給電点へ加えることを特徴とする。

また、本発明の高周波プラズマ発生装置のクリーニング方法は、反応容器内にアース電極を配置すると共に、該アース電極に対向して放電電極を配置し、前記アース電極に密接して被処理体としての基板を配置し、前記放電電極に高周波電圧を加えて前記アース電極および前記放電電極の間にプラズマを発生させる高周波プラズマ発生装置のクリーニング方法において、前記反応容器内にNF₃などのハロゲン化合物（ガス）を導入し、第1の高周波電圧を前記放電電極の一方の側部に設けられた給電点へ加えると共に、前記第1の高周波電圧と周波数が等しく、位相が低周波信号に従って変化する第2の高周波電圧であって、かつ、該低

周波信号が所定の変調信号によって変調されている第2の高周波電圧を前記放電電極の他方の側部に設けられた給電点へ加えることを特徴とする。

本発明の高周波プラズマ発生装置および高周波プラズマ発生方法によれば、第1の高周波電圧を前記放電電極の一方の側部に設けられた給電点へ加えると共に、第1の高周波電圧と周波数が等しく、位相が低周波信号に従って変化する第2の高周波電圧であって、かつ、低周波信号が所定の変調信号によって変調されている第2の高周波電圧を放電電極の他方の側部に設けられた給電点へ加えるようにしたので、従来の装置よりさらに大面積基板における膜厚の均一化を達成することができる効果がある。

これにより、例えば、電池用のアモルファスシリコン半導体薄膜の製造にこの発明による装置を用いた場合、膜厚が均一にできるので電池性能向上に大きく寄与する。また、プロセス中のレーザエッチング工程においてレーザ切れが大幅に向上する。これも電池性能の向上に寄与する。

また、本発明によれば、膜厚が均一であることから、干渉縞のような模様ができることがなく、製品の外観が良くなる利点がある。

また、本発明による高周波プラズマ発生装置のクリーニング方法によれば、オーバーエッチングが生じないセルフクリーニングを行うことができる効果がある。また、クリーニング分布向上により、クリーニング時間の短縮、クリーニング前後の製膜分布への影響の最小化へ寄与する効果がある。

図面の簡単な説明

図1は、この発明の一実施形態による高周波プラズマ発生装置の構成を示すブロック図である。

図2は、同実施形態における発振器20において発生する位相変調用の信号を示す図である。

図3は、同実施形態の効果を説明するための図である。

図4は、図3に示す半導体薄膜の膜厚測定結果を示す図である。

図5は、従来の高周波プラズマ発生装置の構成例を示す図である。

図6は、従来の高周波プラズマ発生装置における反応容器1の断面図である。

図 7 は、従来の高周波プラズマ発生装置の問題点を説明するための図である。

図 8 は、従来の高周波プラズマ発生装置の問題点を説明するための図である。

発明を実施するための最良の形態

5 以下、図面を参照し、この発明の一実施の形態について説明する。図 1 は同実施の形態による高周波プラズマ発生装置の構成を示すブロック図であり、この図において、図 5 の各部と同一構成の部分には同一の符号を付し、その説明を省略する。

この実施形態による高周波プラズマ発生装置が図 5 に示す装置と異なる点は、
10 発振器 20 および位相変調器 21 が単純な三角波などだけではなく任意の変調波形に対応している点である。発振器 20 は、図 2 に示すように、周波数が 20 KHz の三角波であって、周波数が 1 KHz の三角波によって振幅変調された信号を発生する回路である。また、位相変調器 21 は、発振器 17 の出力信号 S (60 MHz) の位相を発振器 20 の出力に従って変調し、RF 電源 16 へ出力する
15 回路である。すなわち、この位相変調器 21 は、図 2 に示すように、発振器 20 の出力ピーク値が正の最大値の場合に信号 S の位相を +110° 変化させて RF 電源 16 へ出力し、発振器 20 の出力ピーク値が負の最大値の場合に信号 S の位相を -110° 変化させて RF 電源 16 へ出力する。また、発振器 20 の出力ピーク値が正の最小値の場合に信号 S の位相を +20° 変化させて RF 電源
20 16 へ出力し、負の最小値の場合に信号 S の位相を -20° 変化させて RF 電源 16 へ出力する。

上述した、位相変調器 21 によって位相変調された 60 MHz の高周波信号 S は RF 電源 16 によって増幅され、整合器 14、電力分配器 12 を介してラダー電極 2 の横方向電極棒 8 へ出力される。このような構成によれば、横方向電極棒
25 8 へ加えられる高周波信号の位相変調角が時間的に変化するので、プラズマが折り返す部分を固定ではなく変動させることができ、これにより、プラズマの集中を防ぐことができ、プラズマの均一化を図ることがきる。

図 3 は、上記実施形態による高周波プラズマ発生装置によって形成したアモルファスシリコン半導体薄膜の膜厚分布を示したものである。これは図 8 の (a)

(b) (c) (d) (e) (f) を連続的に変化させて膜厚分布を時間平均的に均一化したものと理解できる。この図から明らかなように、図 2 に示すような方法による位相変調を行うことによって薄膜の均一性が従来のもより格段と向上する。図 4 に、図 3 に示す半導体薄膜の膜厚測定結果を示す。

- 5 なお、上述した実施形態においては、発振器 20 の発振波形、変調波形がいずれも三角波であったが、これは三角波にかぎるものではなく、サイン波、矩形波等であってもよい。また、この発振器 20 の信号周波数 (20 KHz)、変調波形の周波数 (1 KHz) はいずれも一例であり、これに限るものではない。

- 10 ところで、高周波プラズマ発生装置においては、アモルファスシリコン膜等の製膜を連続的に行ううちに、シリコンの膜が反応容器 1 内部に堆積し、さらに落下するものも生じ、あるいは気相中にシリコン粉が発生する。そして、これらのシリコン粉末が製膜中のガラス基板 4 に付着すると、不良品が発生する。

- 15 そこで、この実施形態においては、次に述べるセルフクリーニングが行われる。すなわち、高周波プラズマ発生装置の製膜作業を一時中止し、反応容器 1 内に反応性の強いエッチングガスとなる NF₃ (三フッ化窒素) を注入し、ラダー電極 2 の横方向電極棒 7, 8 の各々に、上述した製膜時と同じ 60 MHz の高周波電圧 (一方は位相変調を行っている) を加える。これにより、NF₃ がプラズマ化されて分解され、分解によって生じた F (フッ素) ラジカルにより反応容器 1 内がエッチングされ、次式のようにシリコン膜やシリコン粉が SiF₄ (フッ化珪素) として気化され除去される。
- 20



- 25 この場合、従来の装置においては、プラズマの不均一のため場所によってオーバエッチング (F ラジカルによる金属部分の腐食) が発生する問題があったが、この実施形態によれば、プラズマを均一に発生することができることから、オーバエッチングが生じないセルフクリーニングを行うことができる。

請 求 の 範 囲

1. 反応容器内にアース電極を配置すると共に、該アース電極に対向して放電電極を配置し、前記アース電極に密接して被処理体としての基板を配置し、前記放電電極に高周波電圧を加えて前記アース電極および前記放電電極の間にプラズマを発生させる高周波プラズマ発生装置において、
- 5 第 1 の高周波電圧を発生する第 1 の高周波発生手段と、
前記第 1 の高周波電圧を前記放電電極の一方の側部に設けられた給電点へ加える第 1 の給電手段と、
第 2 の高周波電圧を発生する第 2 の高周波発生手段と、
- 10 前記第 2 の高周波電圧を前記放電電極の他方の側部に設けられた給電点へ加える第 2 の給電手段と、
を具備し、前記第 2 の高周波電圧は、前記第 1 の高周波電圧と周波数が等しく、位相が低周波信号に従って変化する電圧であり、かつ、該低周波信号が所定の変調信号によって変調されていることを特徴とする高周波プラズマ発生装置。
- 15 2. 反応容器内にアース電極を配置すると共に、該アース電極に対向して放電電極を配置し、前記アース電極に密接して被処理体としての基板を配置し、前記放電電極に高周波電圧を加えて前記アース電極および前記放電電極の間にプラズマを発生させる高周波プラズマ発生装置において、
高周波信号を発生する高周波発振器と、
- 20 前記高周波発振器の出力を増幅して第 1 の高周波電圧として出力する第 1 の高周波発生手段と、
前記第 1 の高周波電圧を前記放電電極の一方の側部に設けられた給電点へ加える第 1 の給電手段と、
所定の変調信号によって変調された低周波信号を発生する低周波発振器と、
- 25 前記高周波発振器の出力の位相を前記低周波発振器の出力にしたがって変調する位相変調器と、
前記位相変調器の出力を増幅して第 2 の高周波電圧として出力する第 2 の高周波発生手段と、
前記第 2 の高周波電圧を前記放電電極の他方の側部に設けられた給電点へ加える

る第2の給電手段と、

を具備することを特徴とする高周波プラズマ発生装置。

3. 前記放電電極は2本の横方向電極棒の間に複数の縦方向電極棒を配置して構成したラダー型電極であり、前記給電点は前記横方向電極に設けられていることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の高周波プラズマ発生装置。

4. 反応容器内にアース電極を配置すると共に、該アース電極に対向して放電電極を配置し、前記アース電極に密接して被処理体としての基板を配置し、前記放電電極に高周波電圧を加えて前記アース電極および前記放電電極の間にプラズマを発生させる高周波プラズマ発生方法において、

第1の高周波電圧を前記放電電極の一方の側部に設けられた給電点へ加えると共に、

前記第1の高周波電圧と周波数が等しく、位相が低周波信号に従って変化する第2の高周波電圧であって、かつ、該低周波信号が所定の変調信号によって変調されている第2の高周波電圧を前記放電電極の他方の側部に設けられた給電点へ加える

ことを特徴とする高周波プラズマ発生方法。

5. 反応容器内にアース電極を配置すると共に、該アース電極に対向して放電電極を配置し、前記アース電極に密接して被処理体としての基板を配置し、前記放電電極に高周波電圧を加えて前記アース電極および前記放電電極の間にプラズマを発生させる高周波プラズマ発生装置のクリーニング方法において、

前記反応容器内にNF₃、CF₄、CCL₄、SF₆等のハロゲン化合物を導入し、

第1の高周波電圧を前記放電電極の一方の側部に設けられた給電点へ加えると共に、

前記第1の高周波電圧と周波数が等しく、位相が低周波信号に従って変化する第2の高周波電圧であって、かつ、該低周波信号が所定の変調信号によって変調されている第2の高周波電圧を前記放電電極の他方の側部に設けられた給電点へ加える

ことを特徴とする高周波プラズマ発生装置のクリーニング方法。

図 1

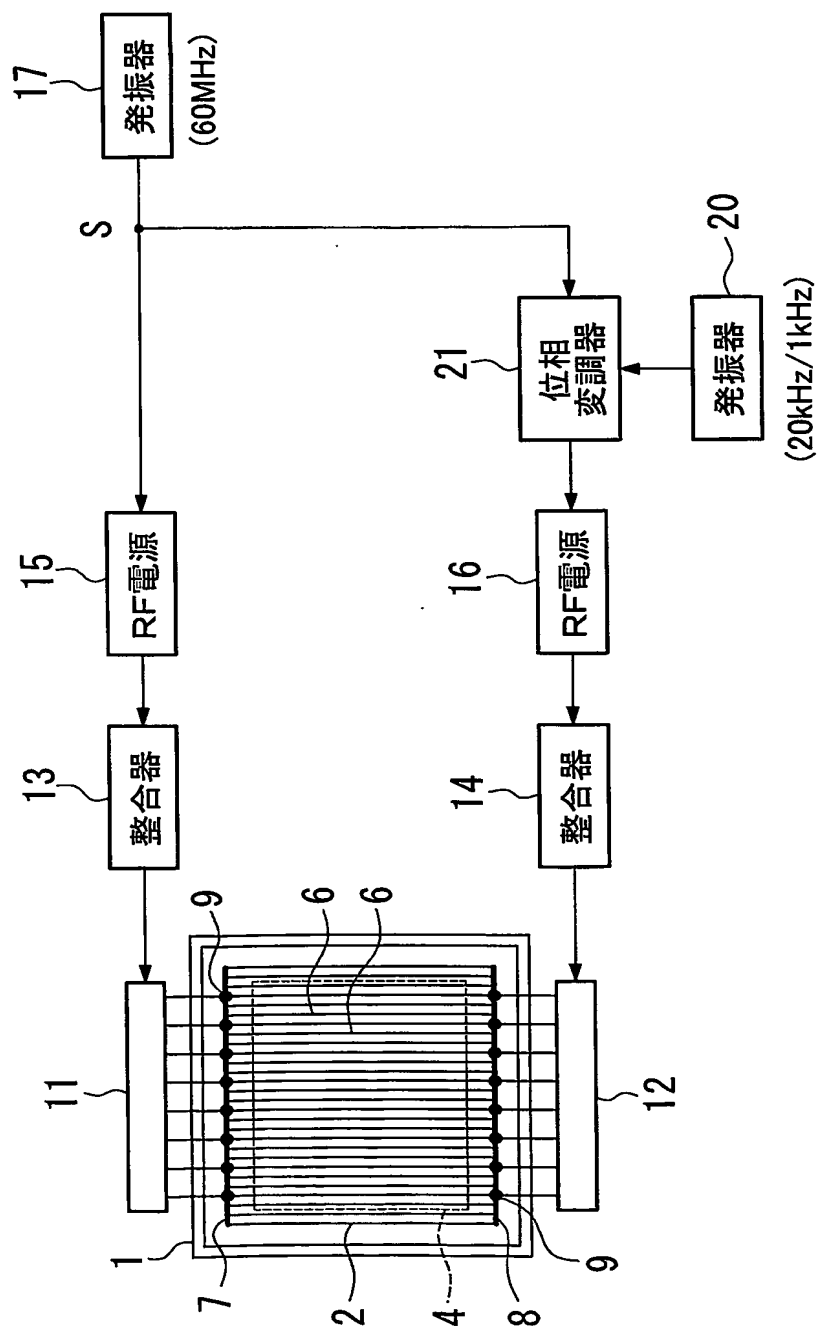
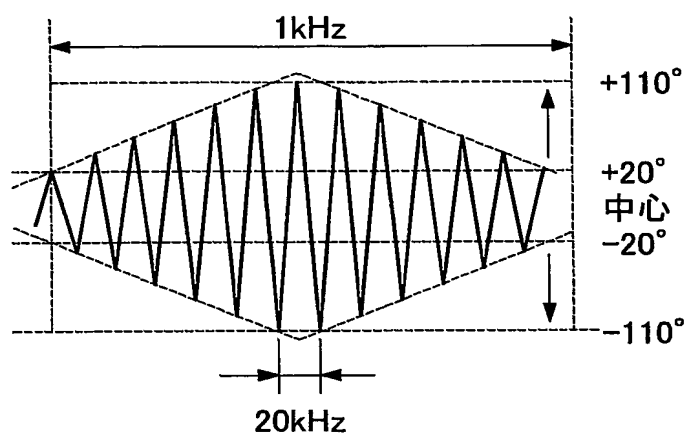


图 2



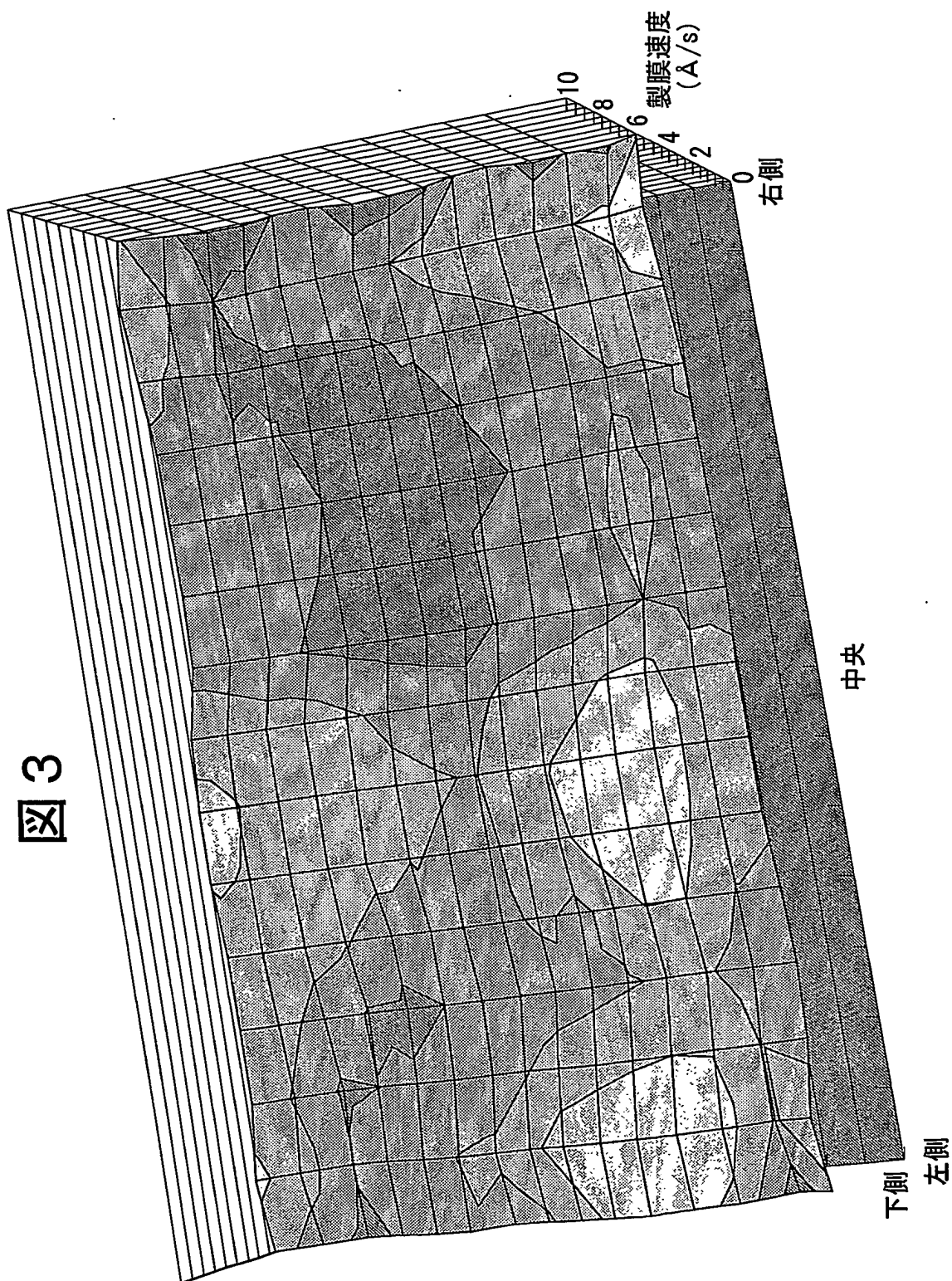


図 4

| | 左側 | | | | | | | 中央 | | | | |
|----|----------|--------|--------|--------|----------|----------|--------|--------|--------|----------|----------|--------|
| 上側 | 5.709533 | 6.1238 | 5.7616 | 5.8216 | 5.8042 | 6.021667 | 6.069 | 5.919 | 5.304 | 5.251 | 5.317333 | 5.4014 |
| | 5.2436 | 5.7612 | 5.4766 | 5.6826 | 5.9084 | 5.986 | 6.01 | 5.9016 | 5.2014 | 5.2476 | 5.2514 | 5.2992 |
| | 4.8678 | 5.0574 | 4.9278 | 5.3216 | 5.6714 | 5.7858 | 5.8082 | 5.7754 | 5.0714 | 5.1198 | 5.0696 | 5.0626 |
| | 5.0597 | 5.2516 | 5.0072 | 4.964 | 5.5476 | 5.7928 | 5.7998 | 5.763 | 4.9834 | 5.0458 | 5.0424 | 5.0152 |
| | 5.2209 | 5.3514 | 5.0382 | 4.9262 | 5.145933 | 5.763667 | 5.6984 | 5.5646 | 4.8858 | 4.971667 | 5.0006 | 4.9442 |
| | 5.443 | 5.5092 | 5.0842 | 5.0008 | 5.129667 | 5.525533 | 5.5952 | 5.413 | 4.805 | 4.793667 | 4.822733 | 4.8698 |
| | 5.2046 | 5.6152 | 5.1278 | 5.0252 | 5.363 | 5.4524 | 5.529 | 5.3274 | 4.7534 | 4.8226 | 4.7914 | 4.807 |
| 中央 | 5.4338 | 5.8868 | 5.4652 | 5.0352 | 5.3388 | 5.391 | 5.4726 | 5.2732 | 4.7096 | 4.7704 | 4.7506 | 4.7738 |
| | 5.8214 | 6.209 | 5.7538 | 5.2258 | 5.594 | 5.73 | 5.8532 | 5.6024 | 5.05 | 5.0862 | 4.8881 | 5.0256 |
| | 6.115533 | 6.3162 | 5.8504 | 5.3334 | 5.3844 | 5.851933 | 5.9726 | 5.7156 | 5.1496 | 5.095267 | 5.011967 | 5.1222 |
| | 6.361333 | 6.4376 | 5.9424 | 5.4462 | 5.675267 | 6.2272 | 6.1284 | 5.8658 | 5.2116 | 5.316733 | 5.3042 | 5.2068 |
| | 6.1516 | 6.4948 | 6.0046 | 5.5686 | 6.011 | 6.241 | 6.3122 | 6.0532 | 5.3218 | 5.4168 | 5.3874 | 5.3184 |
| | 5.8882 | 6.2096 | 5.9672 | 5.5598 | 5.997 | 6.2714 | 6.3784 | 6.1278 | 5.4952 | 5.5956 | 5.5386 | 5.46 |
| | 4.7138 | 5.453 | 5.478 | 5.2224 | 5.4854 | 5.6476 | 5.6828 | 5.655 | 5.3466 | 5.4252 | 5.4544 | 5.4424 |
| 下側 | 5.3642 | 5.9258 | 5.2854 | 5.1188 | 5.275533 | 5.6364 | 5.5788 | 5.5734 | 5.3634 | 5.3784 | 5.473733 | 5.5244 |

図5

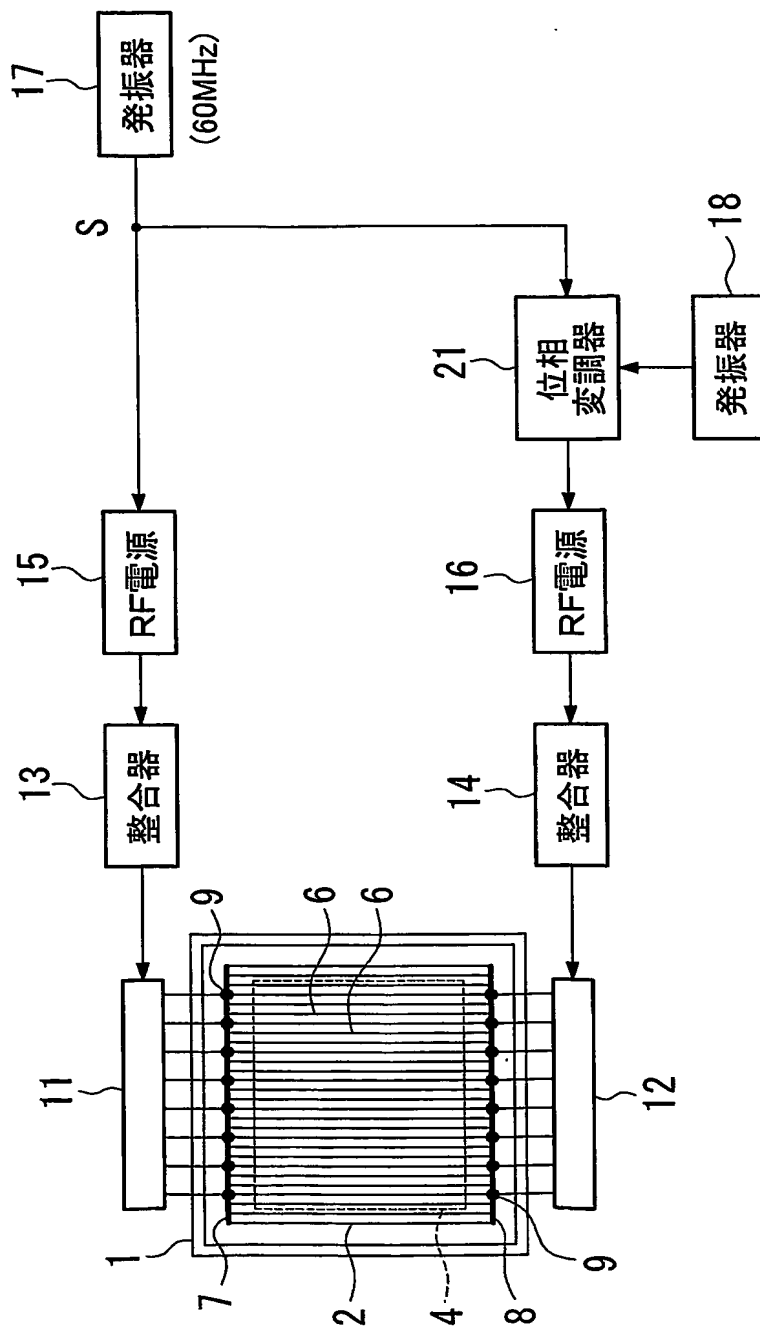
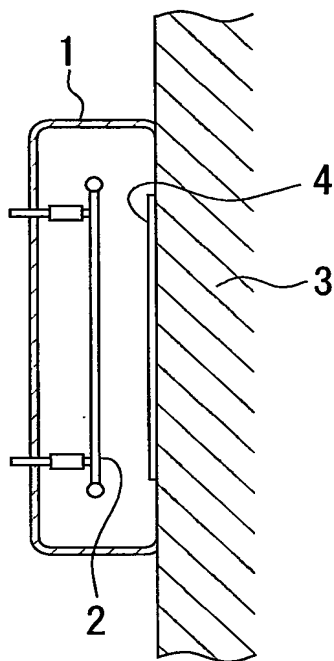


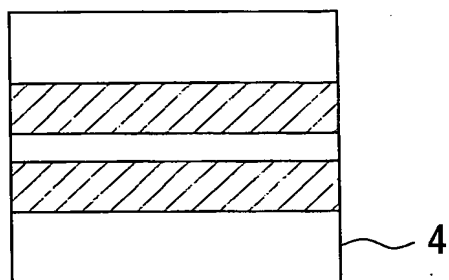
図 6



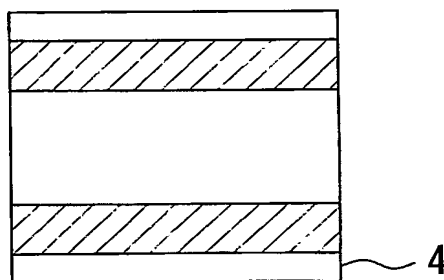
7/8

図 7

(i)



(ii)



(iii)

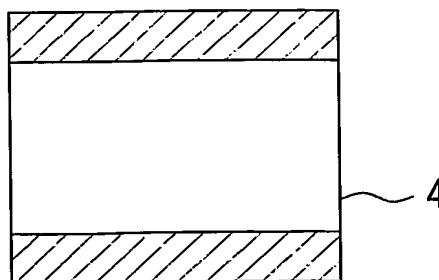
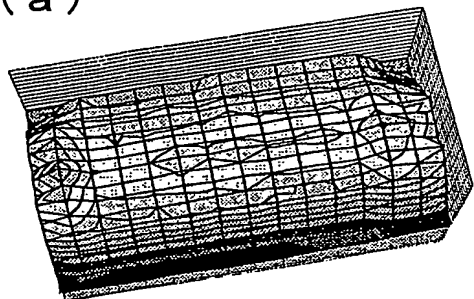
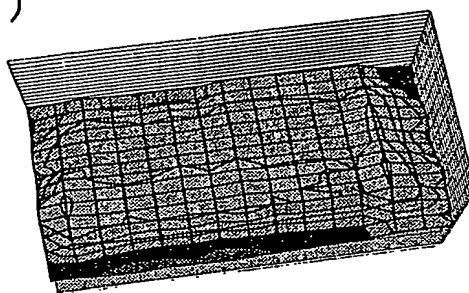


図 8

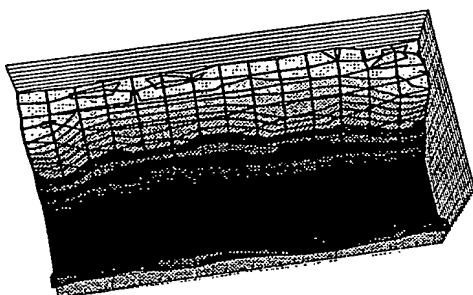
(a)



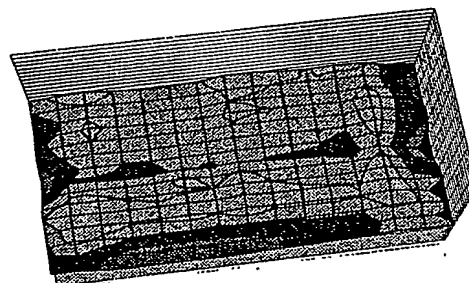
(e)



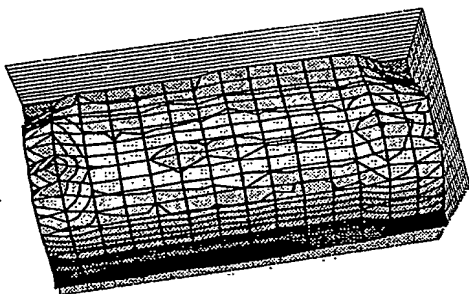
(b)



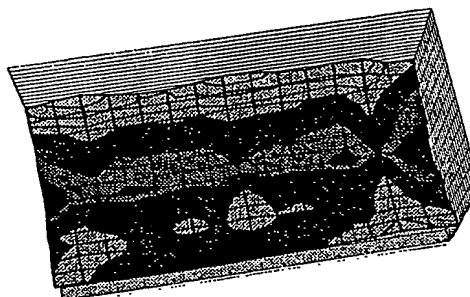
(f)



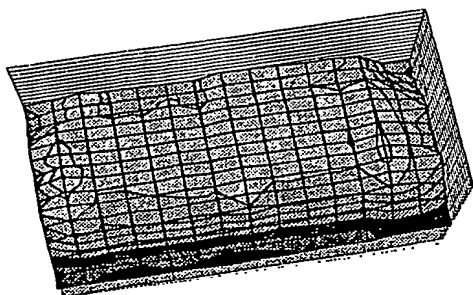
(c)



(g)



(d)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/12562

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ H01L21/205

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H01L21/205, H01L21/31, H01L21/302, C23C16/00-16/56

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

| | | | |
|---------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| Jitsuyo Shinan Koho | 1922-1996 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2003 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2003 | Jitsuyo Shinan Toroku Koho | 1996-2003 |

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| A | JP 2001-257098 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 21 September, 2001 (21.09.01), Full text & AU 1110801 A | 1-5 |
| P,A | JP 2003-264152 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 19 September, 2003 (19.09.03), Full text (Family: none) | 1-5 |
| A | JP 2001-274099 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 05 October, 2001 (05.10.01), Full text & AU 1110801 A | 1-5 |

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.
 ☐ See patent family annex.

| | |
|---|--|
| * Special categories of cited documents: | "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention |
| "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance | "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone |
| "E" earlier document but published on or after the international filing date | "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art |
| "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) | "&" document member of the same patent family |
| "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means | |
| "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed | |

Date of the actual completion of the international search
22 December, 2003 (22.12.03)Date of mailing of the international search report
20 January, 2004 (20.01.04)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/12562

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| A | JP 5-291155 A (Kokusai Electric Co., Ltd.), 05 November, 1993 (05.11.93), Full text (Family: none) | 1-5 |
| P,A | JP 2002-327276 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 15 November, 2002 (15.11.02), Full text (Family: none) | 1-5 |
| A | US 5571366 A (Tokyo Electron Ltd.), 05 November, 1996 (05.11.96), Full text & JP 7-288196 A | 1-5 |
| A | US 6353201 B1 (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 05 March, 2002 (05.03.02), Full text & JP 2000-3878 A | 1-5 |

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl¹ H01L21/205

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl¹ H01L21/205, H01L21/31, H01L21/302, C23C16/00-16/56

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2003年
 日本国登録実用新案公報 1994-2003年
 日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求の範囲の番号 |
|-----------------|--|------------------|
| A | JP 2001-257098 A (三菱重工業株式会社) 2001. 09. 21, 全文, & AU 1110801 A | 1-5 |
| PA | JP 2003-264152 A (三菱重工業株式会社) 2003. 09. 19, 全文, (ファミリーなし) | 1-5 |
| A | JP 2001-274099 A (三菱重工業株式会社) 2001. 10. 05, 全文, & AU 1110801 A | 1-5 |
| A | JP 5-291155 A (国際電気株式会社) 1993. 11. 05, 全文, (ファミリーなし) | 1-5 |
| PA | JP 2002-327276 A (三菱重工業株式会社) 2002. 11. 15, 全文, (ファミリーなし) | 1-5 |

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

22. 12. 03

国際調査報告の発送日

20. 1. 2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

池淵 立



4R 8831

電話番号 03-3581-1101 内線 3469

| C (続き) . 関連すると認められる文献 | | |
|-----------------------|--|------------------|
| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求の範囲の番号 |
| A | US 5571366 A (Tokyo Electron Limited) 1996. 11. 05, 全文 & JP 7-288196 A | 1-5 |
| A | US 6353201 B1 (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.) 2002. 03. 05, 全文 & JP 2000-3878 A | 1-5 |